

stehenden Drehmomentes zum Druck auf den Kolben P aufzustellen, basiert darauf, daß man den Druck Q in der Richtung der Schubstange in eine Komponente T , in der Richtung der Tangente im Punkte B , und eine Komponente in der Richtung des Halbmessers BC zerlegt. Nur der Tangentialdruck T allein erzeugt ein Drehmoment $T \cdot CB$ um die Kurbelwelle.

Der Tangentialdruck T kann nach der Arbeitsgleichung

$$T v_b = P v_o,$$

worin v_b die Geschwindigkeit des Punktes B im Kurbelkreise und v_o jene des Kolbens darstellt, bestimmt werden;

$$T = \frac{P v_o}{v_b} = \frac{P \cdot IO}{IB},$$

worin I das Momentancentrum für die Bewegung der Schubstange bildet.

Das Momentancentrum I läßt sich für jede Kurbelstellung graphisch durch Verlängerung der CB bis zum Durchschnitte mit einem in O gerichteten Perpendikel bestimmen. Nachdem nun

$$\frac{IO}{IB} = \frac{CN}{CB} \quad (\text{siehe Fig. 166}),$$

so wird

$$T = P \frac{CN}{CB};$$

es ergibt sich somit für $T \cdot CB$ derselbe Wert $P \cdot CN$, welcher früher für das Drehmoment $Q \cdot CM$ aufgestellt wurde. Es ist daher als selbstverständlich $Tr = Q \cdot CM$.

Für jede beliebige Kurbelage bestimmt sich daher graphisch in einfachster Weise der Tangentialdruck T aus dem korrespondierenden Kolbendruck P , indem man die Richtung der Schubstange bis zum Durchschnitte N mit der Vertikalen in C zur Richtung des Kolbenweges verlängert; das Verhältnis der Strecke CN zum Halbmesser $r = CB$ ergibt das jeweilige Verhältnis von T zu P .

T als Ordinate über den Kurbelweg als Abscisse aufgetragen und die Endpunkte der Ordinaten durch eine kontinuierliche Kurve verbunden, gibt die Tangentialdruckkurve nach Fig. 167. Die Fläche des Diagrammes stellt die an die Kurbel übertragene Arbeit pro Umdrehung der Maschine dar; sie ist bei Vernachlässigung der Reibung des Gestänges gleich der Fläche des Indikatordiagrammes.

173. Einfluß der Reibung. Die Reibung des Kolbens im Cylinder sowie der Kolbenstange in der Stopfbüchse kann, sobald ihre Größe bekannt ist, einfach in der Weise berücksichtigt werden, daß man einen

entsprechenden Betrag von P in Abzug bringt. Die Reibung in der Geradföhrung, am Kreuzkopf- und Kurbelzapfen hat zur Folge, daß der Druck in diesen Punkten gegen die Reibungsfläche unter einem Winkel, dem sogenannten Reibungswinkel ϱ , von der Eigenschaft $\tan \varrho = f$, dem Reibungskoeffizienten, geneigt ist.

Der Druck O der Geradföhrung gegen den Kreuzkopf wird daher nicht normal gegen die Reibungsfläche gerichtet, sondern unter einem Winkel ϱ und zwar in jener Richtung, welche der Bewegung des Kolbens entgegenwirkt, gegen dieselbe geneigt sein (siehe Fig. 169); andererseits wird die Druckrichtung der Pleuelstange, statt durch die Mittelpunkte der beiden Zapfen zu gehen, derart verschoben, daß sie mit dem Halbmesser des Zapfens an jener Stelle, wo sie die Oberfläche desselben trifft, einen Winkel ϱ einschließt. Um diese Verschiebung der Drucklinie zu bestimmen, beschreibe man um den Mittelpunkt jedes der beiden Zapfen einen sogenannten „Reibungskreis“, d. i. ein Kreis vom Halbmesser $\frac{d}{2} \sin \varrho$, wenn d den Durchmesser des Zapfens bedeutet. Jede Linie, welche tan-

gierend an diesen Kreis gezogen wird, schließt mit dem Halbmesser des Zapfens im Schnittpunkte derselben mit der Zapfenoberfläche den Winkel ϱ ein und erfüllt daher die verlangte Be-

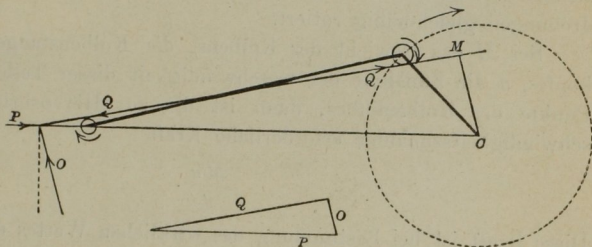


Fig. 169.

dingung hinsichtlich der Reibung. Die Richtung des Stangendrucks muß beide Kreise, jenen des Kreuzkopfes und jenen des Kurbelzapfens tangieren; die Drucklinie muß daher wie in Fig. 169 gezogen werden, so daß sie die Drehung des Zapfens zur Stange zurückzuhalten sucht. In Fig. 169 sind die Reibungskreise sehr vergrößert eingezeichnet (der Durchmesser derselben beträgt für die gewöhnlich vorkommenden Reibungskoeffizienten ungefähr 0,1 des betreffenden Zapfendurchmessers) und der Drehungssinn des Zapfens durch Pfeile angedeutet.

Ist nun der Pleuelstangendruck P , nach Berücksichtigung der Pleuel- und Pleuelstangenreibung ermittelt, dann zerlegt man denselben in die Komponenten O und Q und bestimmt für jede einzelne Pleuellage das Moment $Q \cdot CM$ (Fig. 169). Daraus ergibt sich wieder nach früher das nun hinsichtlich der Reibung richtig gestellte Momentendiagramm, welches

in seinem Flächenausmaße jedoch nicht mehr gleich ist der Fläche des Indikatordiagrammes. Die Differenz dieser beiden Flächen stellt jedoch nicht die ganze durch Reibung verlorene Arbeit der Maschine dar, nachdem die Reibung der Kurbelwelle selbst, der Steuerung und anderer von der Maschine bewegter Teile derselben in Berücksichtigung gezogen werden müßte, wenn es sich um Bestimmung des Wirkungsgrades der Maschine als eines vollkommen geschlossenen Mechanismus handelt.

174. Einfluß der Trägheit der abwechselnd bewegten Teile der Maschine. Das auf diese Weise ermittelte Momenten- beziehungsweise Tangentialdruckdiagramm erfährt eine weitere Veränderung, wenn man den Einfluß der Trägheit der abwechselnd bewegten Teile und zwar in erster Linie des Kolbens samt Stange und Kreuzkopf sowie der Schubstange in Betracht zieht; dieser Einfluß ist im allgemeinen viel wichtiger als jener der Reibung.

Um den Einfluß der Trägheit dieser Teile der Maschine zu untersuchen wollen wir annehmen, daß die Kurbel mit n sekundlichen Umdrehungen gleichmäßig rotiert.

Sei M das Gewicht des Kolbens, der Kolbenstange und des Kreuzkopfes, a die Zunahme der Geschwindigkeit dieser Teile in irgend einem Punkte des Kolbenhubes, dann ist die zur Hervorbringung dieser Geschwindigkeitszunahme erforderliche Kraft

$$\frac{M a}{g}$$

Diese Kraft ist bei Bestimmung des wirklichen Wertes des Kolbendruckes P in Abzug zu bringen.

Nachdem die Geschwindigkeit des Kolbens von der Geschwindigkeit gleich Null im Totpunkte bis zur Maximalgeschwindigkeit in der Nähe der Hubmitte zunimmt, um dann wieder auf die Geschwindigkeit gleich Null im zweiten Totpunkte abzunehmen, wird die Trägheit der bewegten Massen während des ersten Teiles des Kolbenhubes eine Verminderung, gegen Ende desselben jedoch eine Vergrößerung des Kolbendruckes P zur Folge haben, wodurch namentlich bei kleineren Füllungen eine größere Gleichförmigkeit des Druckes während des ganzen Hubes erzielt wird.

Wäre die Schubstange so lang, daß der Einfluß ihrer Neigung gegen die Bewegungsrichtung des Kolbens vernachlässigt werden könnte, dann würde der Kolben die einfache schwingende Bewegung besitzen und der Kolbenweg s für irgend einen Drehungswinkel α der Kurbel, von der Totlage derselben, durch die einfache Beziehung

$$s = r(1 - \cos \alpha)$$